



採掘

1



写真提供：Rio Tinto

# 鉄鉱石の調達から 利用技術まで

## 新日鉄住金の資源対応力

世界の旺盛な鉄鋼需要を受けて、鉄鉱石の調達・利用技術の重要性が高まっています。これまで製鉄原料として使ってきた品位の高い鉄鉱石の入手が難しくなるなか、新日鉄住金は鉄鉱石を中長期的に安定確保するとともに、品位の低い鉄鉱石であっても使いこなす製鉄技術を開発・実用化し、高品質な鉄鋼製品の安定供給を支えています。



Advanced Technology  
新日鉄住金のものづくり



写真提供：Rio Tinto

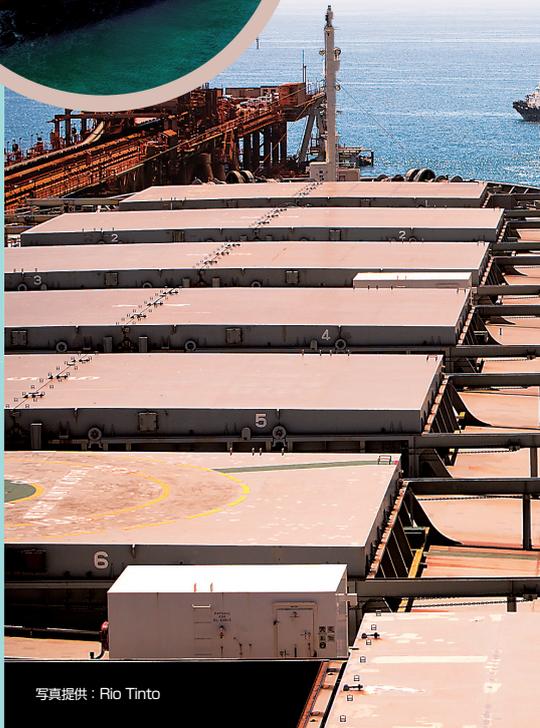
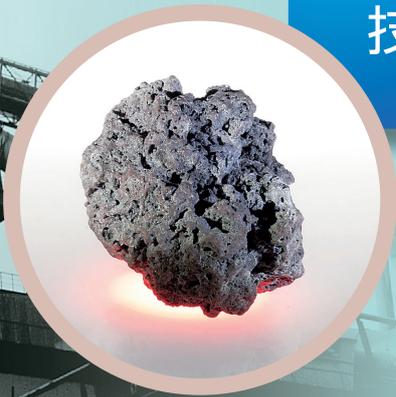
輸送

2



最適化  
技術

3



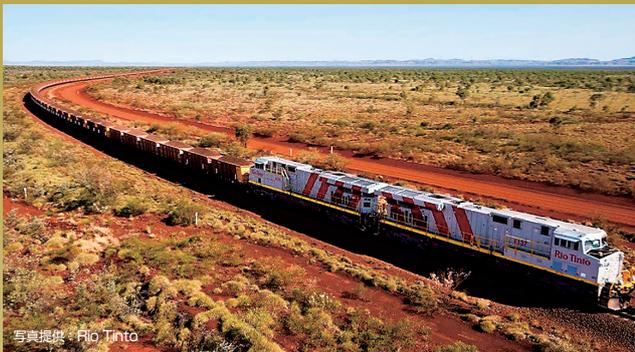
写真提供：Rio Tinto

確保する

# 鉄鉱石の長期引取契約と 鉄鉱石プロジェクトへの投資



トムプライス鉄鉱山



鉄鉱石を鉱山から港まで運搬する列車



鉄鉱山関係者のために開発された町



ウエスト アンジェラス鉄鉱山

写真提供：三井物産(株)



新日鉄住金  
原料第一部 兼 原料第二部  
武井 浩二 主幹

## 日豪相互補完関係の礎

1966年8月、西オーストラリア州ピルバラ地区のトムプライス鉄鉱山で採掘された鉄鉱石を積んだ「邦雲丸」が、契約第一船としてオーストラリアのダンピア港から日本（現在の新日鉄住金八幡製鉄所）へ向け、出帆しました。それは日本の驚異的な経済成長に必要なだった鉄の原料である鉄鉱石をオーストラリアから輸入する道が開かれた瞬間であり、同時にピルバラ地区の産業の発展につながった瞬間でもありました。以来、半世紀以上にわたる日豪間の鉄鉱石取引は、両国の相互補完関係の礎となっています。その成功の鍵は鉄鉱石の長期引取契約にありました。

「鉄鉱石の大規模生産には、鉱山開発に加え、大量輸送のための鉄道網や港湾施設、鉱山関係者のための町づくりまで、多岐にわたるインフラの整備が必要となります。未開発のグリーンフィールドプロジェクトでは、インフラ建設費が総開発コストの過半を占めることもあります。当時、オーストラリアのサプライヤーはまだインフラすら整備されていない状態で鉄鉱石の長期引取契約を締結することにより、必要な資金を調達することが可能となりました。その結果、開発が実現し、日本の鉄鋼メーカー各社はプロジェクトを通じて採掘される鉄鉱石を安定的に確保することができました。その後、当社は一歩進んでオーストラリアのサプライヤー・日本商社と共にピルバラ地区の鉄鉱石プロジェクトに参画しました。各パートナーと協力し、長期的なビジョンを持って継続的に開発に取り組んできた結果、今日では世界有数の鉄鉱石プロジェクトに育ちました。本プロジェクトは当社の鉄鉱石の安定確保に貢献するだけでなく、世界の鉄鉱石供給の一翼を担っています」（新日鉄住金・武井浩二主幹）

ピルバラ地区には南北100キロ、東西300キロの堆積盆に1000メートル近い厚さの縞状鉄鉱層が広く分布しています。その中の鉄分が高くなった部

分が採掘され、また、縞状鉄鉱層が再堆積した褐鉄鉱床からも鉄分が若干低い鉄鉱石が採掘されてきました。これらの鉄鉱石が、1966年から現在に至るまでリオティント社出資鉱山だけでも累計50億トン超輸出され、世界の製鉄業を支えてきました。ピルバラ地区は豊富な埋蔵量と競争力ある出荷インフラを武器に、今後も重要な鉄鉱石供給基地として存在感を發揮していくものと思われれます。

一方、新日鉄住金は鉄鉱石の品質多様化・劣化に対応するため、製鉄プロセスの改良・革新に積極的に取り組んできました。こうして培った技術力を武器に、長期引取契約で世界のサプライヤーの継続的な開発を支援するとともに、既存および新規プロジェクトへの追加投資を継続しながら、長期的な鉄鉱石安定調達体制の強化を図ってきました。

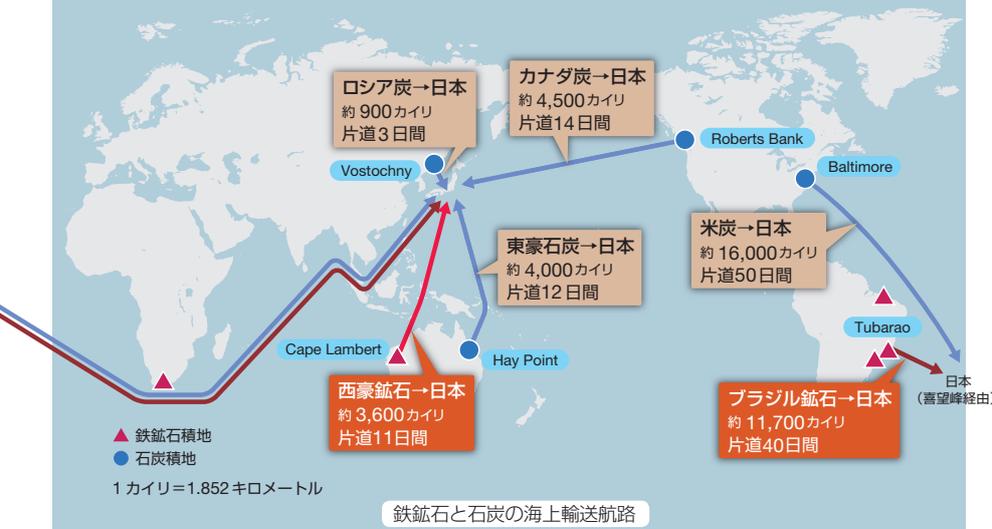
「共同出資は、まさにSame Boat, Same Crewを具現化した究極のパートナーシップです。サプライヤーと需要家が共同出資者として同じ船に乗り、鉄鉱石需給の安定化という共通の目標に向かって、協力しながらさまざまな困難を克服し、プロジェクト発展の航海を続けていきます。皆で知恵を出し合って、世界的な供給安定化につながる大きな投資案件の計画から立ち上げまで、一貫して取り組めることに大きなやりがいを感じます。これからも新規プロジェクトへの出資や能力拡張投資など、鉄鉱石需給安定化に資する投資案件に積極的に取り組んでいきたいと考えています」（武井主幹）

オーストラリアで採掘された鉄鉱石は日本の鉄鋼メーカー各社で鉄鋼製品となり、ビルや橋、自動車などへと姿を変えています。そして鉱山用のトラックやショベル、タイヤ、鉄道レール、輸送船にも姿を変え再びオーストラリアに戻り、鉄鉱石を採掘し日本に輸送するサイクルが続いていきます。こうしたサイクルは両国の戦略的パートナーシップをより強固なものにしていくでしょう。



# 輸送する

## 配船の効率化と 船の大型化



ケープ・ランバート港(オーストラリア)



鉄鉱石を運ぶ40万トン級の大型専用船



大型専用船の製鉄所での受け入れ



新日鉄住金  
原料第二部 原料輸送室  
小林 正樹 主査

## グローバルなビジネスモデルに 磨きをかける

西オーストラリアで露天掘りされた鉄鉱石は、例えば一つの例として、鉱山から400キロ以上離れた港まで鉄道で運ばれます。1両当たりの積載量120トンの貨車が200両以上連結され、1編成の全長は2・4〜4キロにも及びます。港に到着すると、6・3〜31・5ミリの塊鉱石と6・3ミリ未満の粉鉱石にふり分けられた鉄鉱石が、大型専用船に積み込まれ、約3600カイリ離れた日本の製鉄所に向け出荷されています。

「鉄鉱石の価値は品位が高いこと、鉄に還元しやすいこと、そしてコストで決まります。コストには輸送費も大きなウエイトを占めています。当社が鉄鉱石を輸入するために契約している船は、約100隻。鉱山の操業状況、鉄鉱石の需給状況、製鉄所の在庫や生産状況、天候など、さまざまな状況変化に合わせた配船の運用は数百〜1000パターンにのびります。特に大型専用船は水深が担保され設備の整った港湾でしか受け入れることができず、積み地と揚げ地が限定されるため、配船スケジュールが硬直化し、荷役の待ち時間が増え、滞船料が大きくなってしまいう傾向にあります。そのため、きめ細かく迅速な対応で輸送コストの最小化を図っています」(新日鉄住金・小林正樹主査)

新日鉄住金は配船の効率化とともに、船の大型化と港湾設備の拡張、受け入れ体制の充実を図り、スケールメリットの追求による輸送の効率化を実現しています。これまでオーストラリアの専用船は、鉄鉱石を満載したときの海面から船底までの喫水制限により、一般的に23万トンが最大船型でした。しかし新日鉄住金の参加しているプロジェクトでは、追

加投資により、埠頭は3キロと長くなり、喫水も19・8メートルへと大水深化され、船への積み入れ処理能力が向上したことで、25万トン積み的大型専用船WOMAX(ウォージーマックス)の就航が可能になりました。

またオーストラリアよりも遠く地理的に不利なブラジルからは、運賃が圧倒的に安い40万トン積みの超大型鉱石専用船VALEMARX(ヴァーレマックス)が就航しています。VALEMARXを推進するVale社はブラジルのカラジャス鉱山を保有していますが、この鉱山は狭い地域に高品位な鉄鉱石が大量に堆積し、日本の支援によってインフラが整備され、1985年から鉄鉱石が出荷されています。VALEMARXは全長362メートルで喫水が23メートルに達するため、世界でも接岸できる港は少なく、日本でも満載で寄港できる製鉄所は新日鉄住金の大部分のみ、積載量を減らしても寄港できるのは君津・鹿島だけです。なかでも大分のシーバース(貨物船係留施設)は、複数の貨物船が同時に荷降ろしできるように長さが620メートルあり、水深も30メートルと深く、港湾インフラの潜在能力が一際高いため、大分で一部の鉄鉱石を荷降ろして喫水を上げてから、君津や鹿島に輸送するルートを構築しています。

鉄鉱石は重く、大量に長距離輸送するためにはコストがかかります。20世紀前半まで世界の鉄鋼業をリードしてきた欧米では、鉄鉱石や石炭の産地周辺に製鉄所が立地する原料立地型でした。しかし輸入鉄鉱石に頼った日本では、大型船が着岸可能なバースを有した臨海製鉄所を20世紀後半に建設することで、原料の輸入コストを削減し国際競争力を高めることに成功しました。そして現在も、新日鉄住金はこのグローバルなビジネスモデルに磨きをかけています。



貿易に有利な臨海型の製鉄所(新日鉄住金 君津製鉄所)



# 使いこなす

## 鉄鉱石の品質に対応する 技術開発

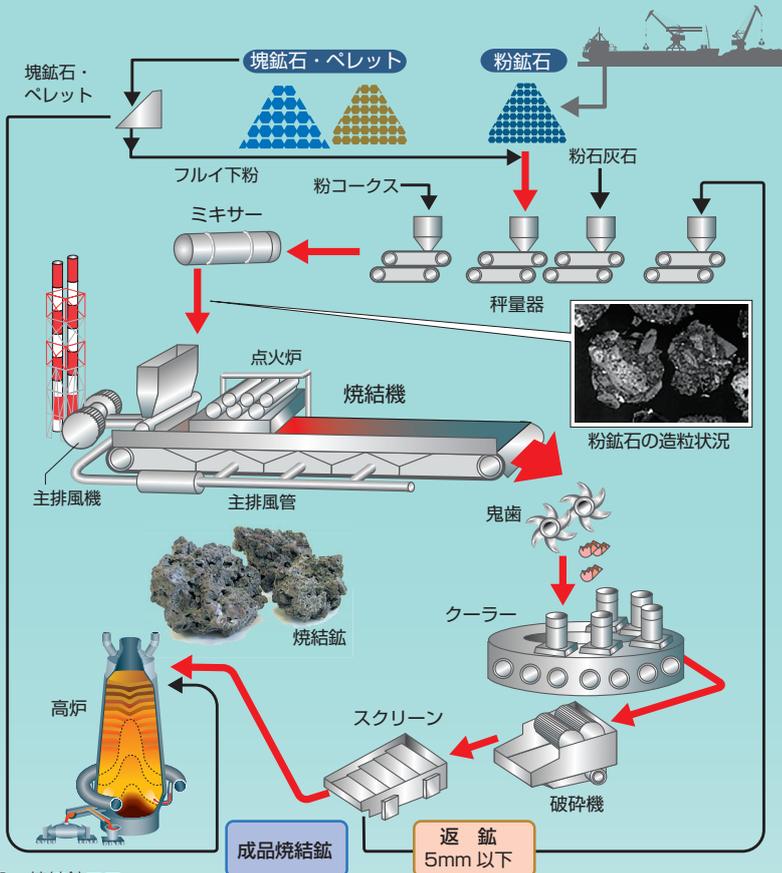


図1 焼結鉄フロー

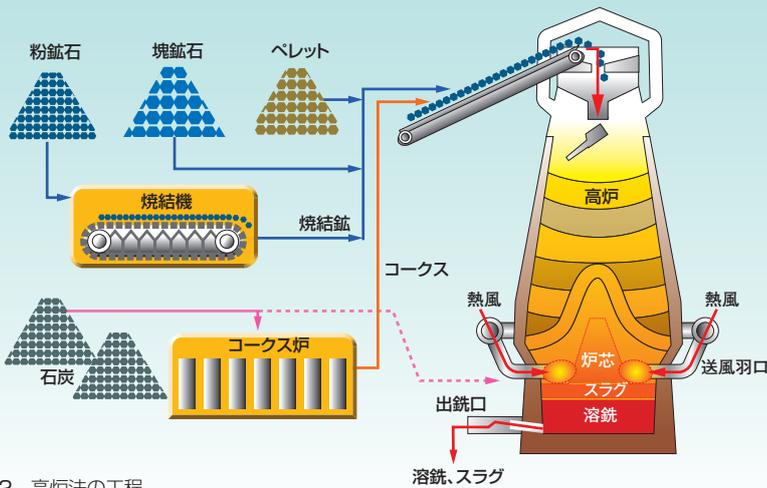


図2 高炉法の工程



新日鉄住金 君津製鉄所の高炉



新日鉄住金  
製鉄技術部 原料技術室長  
今川 健人 室長



新日鉄住金  
原料第二部 兼 原料第一部  
(資源調査)  
塩田 哲也 上席主幹

## 粉鉱石を事前処理して焼結鉱をつくる

オーストラリアやブラジルから大型専用船で運ばれてきた鉄鉱石は、製鉄所の鉱石置き場に山脈のように積み重ねられています。そして産地や性質がバラバラな粉鉱石を組み合わせ、目標範囲の品位になるようにブレンドしたものをクルミ程度の大きさに焼き固め、焼結鉱を製造します(図1)。高炉では、その焼結鉱に含まれる酸素を取り除き(還元)、その後溶かすことで不純物を分離させ、鉄鋼製品のもとになる溶けた鉄(溶銑)をつくっています。

「高炉が鉄鉱石や石炭を飲み込み、消化して溶銑に変える機能は、人の消化機能に例えられます。人は食べ物に気を付けたいとお腹の調子が悪くなります。高炉も、鉄鉱石の大きさが不揃いであったり、鉄鉱石に含まれるシリカやアルミナなどの不純物が多いと、鉄鉱石が十分に還元されなかつたり溶け残りが発生し、消化不良を起こしてしまいます。そのため高炉がしっかりと消化できるように配合するさまざまな鉄鉱石を細かく調整する原料の品質管理の技術、人と言うと食材を調理する腕が重要になります。粉鉱石を事前処理して原料品質を高めた焼結鉱は、高炉操業を安定化させ、鉄鋼製品の品質と生産性向上に寄与しています(新日鉄住金・塩田哲也 席主幹)」

それでは、高炉が安定操業するための、焼結鉱の品質のポイントはどこにあるのでしょうか。図2を見てください。高炉では下部から熱風を吹き入れ、上部から焼結鉱とコークスを交互に装入しますが、その熱風とコークスが反応して還元ガスとなり、炉内を上昇し、焼結鉱を還元・溶融させて、溶銑となって炉底に溜まります。このとき焼結鉱が十分に還元されないうちに溶けてしまうと、還元されずに残った酸化鉄が鉄鉱石中のシリカやアルミナなどの不純

物と一緒に溶けて粘り気多い液体(スラグ)をつくります。スラグは流れが悪いため、下部から吹き上げる還元ガスの通り道を塞ぎ高炉の働きを低下させる原因となります。加えて、スラグ中に溶けている酸化鉄は高炉下部で、固体のコークスと反応して鉄に変わります。このときに必要なエネルギーは、還元ガスによる反応よりも桁違いに大きいため、高炉のエネルギー効率を著しく悪化させます。

そこで、新日鉄住金では、高温になるまで溶けずによく還元され、溶けたあとにできるスラグは流れやすい性質を持つ、自溶性焼結鉱を世界で初めて実用化しました。粉鉱石に石灰石を混ぜて細かく化学成分を調整し焼結させることで、鉄鉱石中の酸化鉄を還元しやすくするとともに、高温でサラッと溶ける焼結鉱をつくることに成功しました。この自溶性焼結鉱の使用により高炉の生産性、エネルギー効率は飛躍的に向上しました。

## 資源は利用するものではなく、つくるもの

新日鉄住金では、さらなる高炉の生産性およびエネルギー効率向上のため、焼結原料の調整を従来の化学成分だけでなく、鉄鉱石を構成する鉱物の種類や大きさ、重さなどの物理的な特性から行う新たな焼結法を開発しています。焼結鉱には、高炉の中で溶けるまで粉々にならないような硬さが必要ですが、パチンコ玉のような密度の高い焼結鉱では、還元ガスが内部を通らず還元されにくくなります。一方で、内部のすき間(気孔)が多過ぎると強度が落ちてしまいます。すなわち焼結鉱には、還元反応と強度が両立するような適度な気孔を持つように、焼結反応を精緻に制御する必要があります。そこで、融点が高い微粉を事前にふるい分けし固めて粒状にしたあと、

融点の低い他の粉鉱石と混ぜて焼き固め、あえて溶融する部分としない部分を不均一にすることで強度が高く還元されやすい焼結鉱をつくっています。こうすると、焼結鉱の構造は、溶けた部分が強度の高い比較的大きい粒と粒状に固めた微粉が混ざった塊を、接着剤のように包み込んだ形になります。粒状に固めた微粉が反応した組織には、多くの細かい気孔ができるため、反応する表面積が増えて、強度を保ちながら還元しやすいものになります。こうして焼結鉱の品質を改善させ、高炉操業の効率化を追求しています。

「鉄鉱山では、鉄分が30%程度の品位の低い鉄鉱石を細かく砕き、シリカやアルミナを分離して、高品位な粉鉱石がつくられています。現在の高炉の塊鉱石の使用比率は1割程度で、残りは製鉄所で粉鉱石を焼き固めた焼結鉱が8割程度、鉱山近くで微粉鉱石を焼いて固めたペレットが1割程度です。今後ますます鉄鉱石の低品位化は進み、粉鉱石を高品位化するために、さらに細かく砕かなければならないため、粉鉱石の粒度は海砂程度から小麦粉や花粉のレベルへとさらに微粒化していくものと予想されます。微粒の粉鉱石は焼結するのが難しいため、技術開発が必要となります。資源対応力の飽くなき追求により、これからも鉄鋼製品の競争力の向上を図っていきます」(新日鉄住金・今川健人 室長)

鉄鉱石を高炉にそのまま投入していた時代は、鉄分の高い塊鉱石だけが価値を持ち、粒度の小さな鉄分の低い粉鉱石は資源とみなされていませんでした。しかし粉鉱石を塊に変える焼結技術の開発により、鉄鉱石資源は大きく拡大しました。「資源は利用するものではなく、つくるもの」という思想のもと、これから新日鉄住金は資源の有効利用に寄与する使用技術を開発し、高品質な鉄鋼製品を安定供給していきます。